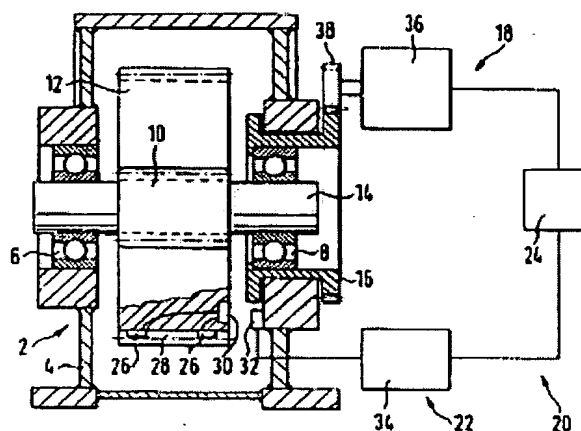


Gear optimisation device

Patent number: DE3806830
Publication date: 1989-09-14
Inventor: HOESLE HELMUT (DE)
Applicant: RENK TACKE GMBH (DE)
Classification:
- **international:** F16H1/26; F16H57/00; F16H57/12; G01M13/02; G05D15/00
- **europaen:** F16H57/02F; F16H1/26
Application number: DE19883806830 19880303
Priority number(s): DE19883806830 19880303

Abstract of DE3806830

At least one of at least two gear wheels (10, 12) is arranged so as to be adjustable relative to the other gear wheel. A measuring unit (22) is used to measure the load distribution in the intermeshing teeth, the actual value is fed to a computing and control unit (24) and compared in the latter with a desired value, and, depending on the result of the comparison, the adjustable gear wheel is adjusted relative to the other gear wheel, by means of an actuating unit (18), in such a way that correspondence is obtained between the actual value and the desired value. Optimum load distribution is in this way achieved automatically for all operating conditions.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

This Page Blank (uspto)



DEUTSCHES
PATENTAMT

21 Aktenzeichen: P 38 06 830.3
22 Anmeldetag: 3. 3. 88
43 Offenlegungstag: 14. 9. 89

51 Int. Cl. 4:
F16H 57/00
F16H 57/12
G01M 13/02
G05D 15/00
F16H 1/26

DE 3806830 A1

71 Anmelder:
Renk Tacke GmbH, 8900 Augsburg, DE

72 Erfinder:
Hösle, Helmut, 8901 Diedorf, DE

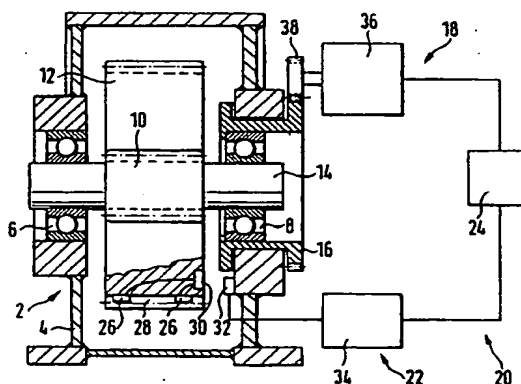
56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE 33 26 619 C2
DE 33 26 619 A1
DE-OS 31 36 613
DE 31 05 578 A1
DE-GM 83 09 116
DE-GM 19 44 599
GB 21 26 315 A
US 36 35 103

DE-Z: ZIMMERMANN, H.:
Geräuschminderungsmaßnahmen im Getriebebau.
In: Antriebstechnik, Bd.21, Nr.2, S. 966 bis 100;
DE-Buch: NIEMANN, G.: Maschinenelemente, Bd.II,
Springer-Verlag, Berlin 1965, S.43-52;

54 Getriebe-Optimierungsvorrichtung

Mindestens eines von mindestens zwei Zahnrädern (10, 12) ist relativ zum anderen Zahnrad verstellbar angeordnet. Durch eine Meßeinheit (22) wird die Lastverteilung in den miteinander kämmenden Zähnen gemessen, der Istwert wird einer Rechen- und Regeleinheit (24) zugeführt, in dieser mit einem Sollwert verglichen, und in Abhängigkeit vom Vergleichsergebnis wird über eine Stelleinheit (18) das verstellbare Zahnrad relativ zum anderen Zahnrad so verstellt, daß sich eine Übereinstimmung von Istwert und Sollwert ergibt. Dadurch wird für alle Betriebszustände automatisch eine optimale Lastverteilung erzielt.



DE 3806830 A1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Getriebe-Optimierungsvorrichtung zur Optimierung der Lastverteilung zwischen den Zähnen von mindestens zwei miteinander kämmenden Zahnrädern.

Der Ausdruck "Lastverteilung" umfaßt jede Art der Lastverteilung über die Breite der miteinander kämmenden Zähne. Durch ungleiche Lastverteilung entstehen Überbelastungen an einzelnen Stellen und es entstehen Schwingungen, die starke Geräusche verursachen.

Eine ungünstige Lastverteilung kann entstehen durch Herstellungsungenauigkeiten, Verformungen von Wellen, Gehäuse und/oder Lager der Zahnräder bei der Lagerung und im Betrieb, durch selbsttätige Positionierung der Wellen der Zahnräder in Lagern infolge von Axialkräften und Radialkräften während des Betriebes, sowie durch Herstellungsungenauigkeiten und Verformungen des Fundaments, auf welchem das Getriebe mit den Zahnrädern steht. Ungünstige Lastverteilungen dieser Art können in der Praxis bisher nur durch einen sehr hohen Aufwand an Konstruktionsberechnungen, aufwendige Fertigungsverfahren und aufwendige Prüfungsverfahren etwas kompensiert werden. Eine solche Kompensation ist jedoch nur für einen einzigen bestimmten Betriebszustand möglich, also für eine einzige Betriebsdrehzahl und ein einziges Drehmoment. Bei Abweichungen von diesem bestimmten Betriebszustand entspricht auch die Lastverteilung nicht mehr dem optimalen Wert.

Durch die Erfindung soll die Aufgabe gelöst werden, für beliebig viele verschiedene Betriebszustände automatisch eine optimale Lastverteilung zu erzielen, ohne daß dafür die bekannten sehr aufwendigen Konstruktionsberechnungen, komplizierten Fertigungsverfahren und komplizierten Prüfmethoden erforderlich sind.

Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung gelöst durch folgende Merkmale:

- eine verstellbare Lagervorrichtung, welche mindestens eines der Zahnräder so trägt, daß es relativ zu dem mit ihm kämmenden anderen Zahnrad in verschiedene Positionen einstellbar ist,
- eine Stelleinheit zur Einstellung des von der Lagervorrichtung getragenen Zahnrades,
- mindestens einen Istwert-Meßwertgeber zur Erzeugung von Istwertsignalen, welche ein Maß für die Lastverteilung zwischen den Zähnen der beiden miteinander kämmenden Zahnrädern sind, und
- eine Rechen- und Steuereinheit, welche die Istwertsignale empfängt, mit einem Sollwert vergleicht, und in Abhängigkeit vom Vergleichsergebnis über die Stelleinheit das einstellbare Zahnrad positioniert.

Dadurch ergeben sich folgende Vorteile:

Herstellungsungenauigkeiten und Verformungen der Zahnräder, Wellen, Gehäuse und Lager werden automatisch durch die Rechen- und Steuereinheit kompensiert. Dadurch verringern sich die Herstellungskosten, die Fertigungskosten und der Aufwand für den Service im Betrieb.

Weitere Merkmale der Erfindung sind in den Unteransprüchen enthalten.

Die Erfindung wird im folgenden mit Bezug auf die Zeichnungen beschrieben, welche mehrere Ausführungsformen der Erfindung als Beispiele zeigen. Im ein-

zelnen zeigen

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Getriebe-Optimierungsvorrichtung nach der Erfindung,

Fig. 2 eine zweite Ausführungsform einer Getriebe-Optimierungsvorrichtung nach der Erfindung,

Fig. 3 eine dritte Ausführungsform einer Getriebe-Optimierungsvorrichtung nach der Erfindung, und

Fig. 4 eine vierte Ausführungsform einer Getriebe-Optimierungsvorrichtung nach der Erfindung.

Fig. 1 zeigt im Axialschnitt ein Getriebe 2 mit einem Gehäuse 4 und darin untergebrachten, in Lager 6 und 8 gelagerten Zahnrädern 10 und 12, welche hintereinander angeordnet sind. Das auf der einen Seite des Zahnrades 10 dessen Welle 14 lagernde Lager 8 sitzt in einem Exzenterring 16. Durch Drehen des Exzenterrings 16 kann das im Durchmesser kleinere Zahnrad 10 relativ zu dem im Durchmesser größeren Zahnrad 12 eingestellt werden. Dadurch kann der Achsabstand der beiden Zahnräder 10 und 12, die Achsschrägung sowie die Achsneigung der Zahnradpaarung 10, 12 eingestellt werden.

Der Exzenterring 16 kann von einem Stellmotor 36 gedreht werden. Beide bilden zusammen eine Stelleinheit 18 einer Getriebe-Optimierungsvorrichtung 20. Die Getriebe-Optimierungsvorrichtung 20 enthält außerdem einen Istwert-Meßwertgeber 22 und eine Rechen- und Steuereinheit 24. Der Istwert-Meßwertgeber 22 enthält mindestens zwei über die Breite eines Zahnes 28 der Zahnräder, vorzugsweise des großen Zahnrades 12, mit Abstand voneinander angeordnete Sensoren 26 zur Messung von Belastungs-Istwerten an verschiedenen Stellen über die Breite des Zahnes 28. Die Sensoren 26 sind an einen am gleichen Zahnrad 12 angebrachten Sender 30 angeschlossen, welcher Istwertsignale an einen Empfänger 32 sendet, der ortsfest am Gehäuse 4 angeordnet und mit einem Meßwertumformer 34 des Istwert-Meßwertgebers 22 verbunden ist. Die Rechen- und Steuereinheit 24 ist an den Meßwertumformer 34 des Istwert-Meßwertgebers angeschlossen und vergleicht die Istwertsignale des Meßwertumformers 34 mit einem oder mehreren in ihm gespeicherten Sollwerten. Die Rechen- und Steuereinheit 24 erzeugt in Abhängigkeit vom Vergleichsergebnis Stellsignale. Die Stellsignale werden einer Stelleinheit 18 zugeführt, welche in Abhängigkeit von den Stellsignalen über einen Stellmotor 36 und ein Zahnrad 38 den Exzenterring 16 so lange in der einen oder anderen Richtung in eine Position dreht, bis die Istwertsignale der Meßeinheit 22 den Sollwertsignalen in der Rechen- und Steuereinheit 24 entsprechen.

Bei der zweiten Ausführungsform nach Fig. 2 befindet sich zusätzlich auch das dort gezeigte linke Lager 6 auf der anderen Seite des kleinen Zahnrades 10 in einem Exzenterring 16/2. Dadurch kann das kleine Zahnrad 10 unter Beibehaltung der Parallelität zum großen Zahnrad 12 radial zum großen Zahnrad 12 verstellt werden, beispielsweise um den Überdeckungsgrad und/oder das Flankenspiel einzustellen. Gleichzeitig ermöglicht dies aber auch einen größeren Verstellbereich, innerhalb welchem das kleine Zahnrad 10 relativ zum großen Zahnrad 12 radial und in Umfangsrichtung dazu verstellt werden kann. Der linke Exzenterring 16/2 wird von einer Stelleinheit 18/2 ebenfalls in Abhängigkeit von Stellsignalen der Rechen- und Steuereinheit 24 in eine Position gedreht, bei welcher die Istwertsignale der Meßeinheit 22 einem Sollwert entsprechen. Die Stelleinheit 18/2 enthält einen Motor 36/2, welcher über ein Zahnrad 38/2 den linken Exzenterring 16/2 drehen

kann. Die beiden Stelleinheiten 18 und 18/2 sind gleich ausgebildet und lediglich spiegelbildlich zueinander angeordnet, und werden beide von der Rechen- und Steuereinheit in Abhängigkeit von den Istwertsignalen der Meßeinheit 22 gesteuert.

Die dritte Ausführungsform nach Fig. 3 entspricht im wesentlichen der Ausführungsform nach Fig. 1, mit der Ausnahme, daß zwischen dem Exzenterring 16 und dem Lager 8 ein weiterer Exzenterring 16/3 angeordnet ist, welcher von der Rechen- und Steuereinheit 24 in Abhängigkeit von den Istwertsignalen des Istwert-Meßwertgebers 22 über einen Stellmotor 36/3 und ein Zahnrad 38/3 in bestimmte Rotationspositionen drehbar ist. Die exzentrischen Bewegungen der beiden Exzenterringe 16 und 16/3 sind einander überlagert und ergeben zusammen eine resultierende Einstellbewegung für das in ihnen gelagerte Zahnrad 10. Dadurch kann dieses Zahnrad 10 schneller und genauer positioniert werden.

Als eine weitere Ausführungsform kann bei der Ausführungsform nach Fig. 3 zusätzlich auch das linke Lager 6 des Zahnrades 10 in zwei konzentrisch zueinander angeordneten Exzenterringen 16 und 16/3 untergebracht sein, welche von der Rechen- und Steuereinheit 24 gesteuert werden, ähnlich wie bei der Ausführungsform nach Fig. 2.

Bei der Ausführungsform nach Fig. 4 ist das im Durchmesser kleinere Zahnrad 10 dadurch relativ zum größeren Zahnrad 12 verstellbar, daß das Gehäuse 4 nur auf der linken Seite auf einem Fundament 40 steht, während das Gehäuse 4 auf der rechten Seite zwischen zwei Hubzylindern 42 und 44 einer Stelleinheit 46 eingespannt ist. Die Hubzylinder 42 und 44 können die rechte Seite des Gehäuses 4 vertikal auf oder ab in bestimmte Positionen bewegen und dadurch das im Durchmesser kleinere Zahnrad 10 relativ zum größeren Zahnrad 12 verstellen. Die Verstellung des Zahnrades 10 über das Gehäuse 4 durch die Hubzylinder 42 und 44 der Stelleinheit 46 erfolgt durch die Rechen- und Steuereinheit 24 in Abhängigkeit von einem Sollwert und von Istwertsignalen des Istwert-Meßwertgebers 22.

Bei den beschriebenen Ausführungsformen nach den Fig. 1 bis 4 können die Sensoren 26 des Istwert-Meßwertgebers Dehnungsmeßstreifen sein, welche in bekannter Weise am Zahngrund der Zähne 28 eines der Zahnräder 10 oder 12 befestigt sind und dort Zahnfuß-Biegespannungen messen. Durch Verwendung von mindestens zwei Sensoren oder Dehnungsmeßstreifen, welche über die Breite des Zahnes des Zahnrades 12 mit Abstand voneinander angeordnet sind, kann festgestellt werden, ob der gemessene Zahn über seine gesamte Breite gleich stark belastet ist oder beispielsweise nur an einem Zahnende an einem anderen Zahn des im Durchmesser kleineren Zahnrades 10 anliegt. Dadurch erzeugt der Istwert-Meßwertgeber 22 Istwertsignale, welche an die Rechen- und Steuereinheit 24 die Lastverteilung über die Breite des gemessenen Zahnes anzeigen. In der Rechen- und Steuereinheit 24 ist eine gewünschte Lastverteilung über die Breite des gemessenen Zahnes als Sollwert gespeichert. Die Rechen- und Steuereinheit 24 enthält ein Computerprogramm, nach welchem sie den Istwert mit dem Sollwert der Lastverteilung vergleicht und in Abhängigkeit davon das im Durchmesser kleinere Zahnrad oder Ritzel 10 positioniert. Da die Lastverteilung kontinuierlich gemessen werden kann, stellt die Rechen- und Steuereinheit 24 für jeden Betriebszustand eine dem Sollwert entsprechende optimale Lastverteilung ein. Dies ergibt eine höhere Betriebssicherheit, die dazu benutzt werden kann, das Ge-

triebe kleiner zu bauen. Ein weiterer Vorteil ist, daß die Herstellungstoleranzen größer sein können und es auch nicht mehr erforderlich ist, die Zähne des einen Zahnrades 10 in mehreren Schleifvorgängen an die Zähne des anderen Zahnrades 12 anzupassen. Dies ist ein besonders großer Vorteil bei Zahnrädern mit gehärteten Zähnen. Außerdem wird dadurch die Geräuscentwicklung des Getriebes reduziert. Ersatzteile, insbesondere Ersatzzahnräder können bereits in der Werkstatt fertig bearbeitet und dann auf der Baustelle montiert werden, ohne daß auf der Baustelle die Zähne des einen Zahnrades an die Zähne des anderen Zahnrades beispielsweise durch Schleifen angepaßt werden müssen. Damit verkürzen sich auch Montagezeiten und Reparaturzeiten sowie Servicearbeiten. Ein weiterer Vorteil ist, daß hierdurch auch Änderungen des Achsabstandes der Zahnräder 10 und 12 automatisch kompensiert werden.

Als weitere Ausführungsform können einer oder alle Sensoren 26 Geräusch-Sensoren sein, welche in Abhängigkeit vom Geräusch der Zahnräder 10 und 12 Istwertsignale erzeugen, in Abhängigkeit von welchen die Rechen- und Steuereinheit 24, nach einem Vergleich des Istwertes mit einem gespeicherten Geräusch-Sollwert, das eine Zahnrad, zum Beispiel 10, relativ zum anderen Zahnrad, zum Beispiel 12, automatisch ständig in eine optimale Lage positioniert. Die Geräuscentwicklung bei Zahnradgetrieben ist, unter anderem, von Einflußgrößen wie Profil-Überdeckungsgrad und Sprung-Überdeckungsgrad abhängig, also davon, wieviel Zähne des einen Zahnrades 10 mit Zähnen des anderen Zahnrades 12 gleichzeitig in Eingriff sind. Durch die Schallmessung durch die Sensoren 26 kann somit der Schallpegel wesentlich reduziert werden, indem in Abhängigkeit von den Istwertsignalen der Achsabstand der Zahnräder 10 und 12 von der Rechen- und Steuereinheit 24 durch die Stelleinheit 18, 18/2, 18/3 und/oder 46 kontinuierlich auf einen optimalen Wert geregelt wird. Die zur Schallmessung dienenden Sensoren 26 brauchen nicht an einem der Zahnräder 10 oder 12 befestigt zu werden, sondern können auch am Gehäuse 4 angebracht werden.

In anderer Ausführungsform können die Sensoren 26 oder einer der Sensoren ein Temperaturfühler sein, welcher temperaturabhängig Istwertsignale erzeugt. In Abhängigkeit von den Temperatur-Istwertsignalen kann das Flankenspiel, also der Spielraum zwischen den miteinander kämmenden Zähnen eingestellt werden, da eine vom Getriebe erzeugte Temperaturänderung eine Flankenspieländerung bewirkt. Die Einstellung des Flankenspiels in Abhängigkeit von der Temperatur erfolgt in der vorstehend beschriebenen Weise wieder dadurch, daß der Istwert vom Istwert-Meßwertgeber der Regel- und Steuereinheit 24 mitgeteilt, in dieser mit einem Sollwert verglichen wird, und in Abhängigkeit vom Vergleichsergebnis durch die Stelleinheit 18 bzw. 18/2 bzw. 18/3 bzw. 46 das eine Zahnrad 10 relativ zum anderen Zahnrad 12 so eingestellt wird, daß der Istwert dem Sollwert entspricht.

Die Regel- und Steuereinheit 24 enthält ein Computerprogramm mit Programmschritten, nach welchen die Rechen- und Steuereinheit über die Stelleinheit das einstellbare Zahnrad 10 wechselweise in entgegengesetzten Richtungen verstellt, um herauszufinden, bei welcher Einstellrichtung sich der fortlaufend neu gemessene Istwert dem Sollwert annähert. Dadurch kann die Rechen- und Steuereinheit 24 feststellen, in welcher Richtung die Stelleinheit das verstellbare Zahnrad 10 verstellen muß, um den Istwert dem Sollwert anzuglei-

chen.

Patentsprüche

1. Getriebe-Optimierungsvorrichtung zur Optimierung der Lastverteilung zwischen den Zähnen von mindestens zwei miteinander kämmenden Zahnrädern, **gekennzeichnet durch** eine verstellbare Lagervorrichtung (4), welche mindestens eines der Zahnräder (10) so trägt, daß es relativ zu dem mit ihm kämmenden anderen Zahnrad (12) in verschiedene Positionen einstellbar ist, eine Stelleinheit (18; 18/2; 18/3; 46) zur Einstellung des von der Lagervorrichtung getragenen Zahnrades, mindestens einen Istwert-Meßwertgeber (22) zur Erzeugung von Istwertsignalen, welche ein Maß für die Lastverteilung zwischen den Zähnen der beiden miteinander kämmenden Zahnrädern sind, und eine Rechen- und Steuereinheit (24), welche die Istwertsignale empfängt, mit einem Sollwert vergleicht, und in Abhängigkeit vom Vergleichsergebnis über die Stelleinheit das verstellbare Zahnrad positioniert.
2. Getriebe-Optimierungsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Stelleinheit (36; 36/2; 36/3) einen Stellmotor (36; 36/2; 36/3) und mindestens einen vom Stellmotor drehbaren Exzenterring (16; 16/2; 16/3) aufweist, in welchem das lageveränderliche Zahnrad (10) in der Lagervorrichtung (4) gelagert ist.
3. Getriebe-Optimierungsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Stelleinheit (46) einen Linearantrieb (42, 44) aufweist, und daß die Lagervorrichtung (4) zusammen mit dem von ihr getragenen Zahnrad (10) von der Stelleinheit verstellbar ist.
4. Getriebe-Optimierungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der oder mindestens einer der Istwert-Meßwertgeber (22) Istwertsignale erzeugt, welche an die Rechen- und Steuereinheit (24) die Lastverteilung über die Breite mindestens eines Zahnes von mindestens einem der beiden Zahnräder (12) anzeigen, daß in der Rechen- und Steuereinheit (24) eine bestimmte Lastverteilung über die Breite eines Zahnades als Sollwert gespeichert ist, und daß die Rechen- und Steuereinheit ein Computerprogramm enthält, nach welchem sie den Istwert mit dem Lastverteilungs-Sollwert vergleicht und in Abhängigkeit davon das einstellbare Zahnrad (10) positioniert.
5. Getriebe-Optimierungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der oder mindestens einer der Istwert-Meßwertgeber (22) Istwertsignale in Abhängigkeit vom Geräusch der Zahnräder (10, 12) erzeugt, und daß die Rechen- und Steuereinheit (24) ein Computerprogramm enthält, nach welchem sie den Geräusch-Istwert mit einem Geräusch-Sollwert vergleicht und in Abhängigkeit davon das einstellbare Zahnrad (10) positioniert.
6. Getriebe-Optimierungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Istwert-Meßwertgeber (23) drei Temperaturfühler (26) aufweisen, welche die Temperatur der beiden Zahnräder (10, 12) und eines Gehäuses (4), in welchem die Zahnräder (10, 12) gelagert sind,

als ein indirektes Maß für den Spielraum zwischen den Flanken der Zähne der beiden Zahnräder messen, und in Abhängigkeit von den Temperaturen je ein Spielraum-Istwertsignal erzeugen.

7. Getriebe-Optimierungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Computerprogramm der Rechen- und Steuereinheit (24) Programmschritte enthält, nach welchem die Rechen- und Steuereinheit (24) über die Stelleinheit (18; 18/2; 18/3; 46) das einstellbare Zahnrad (10) wechselweise in entgegengesetzten Richtungen verstellt, um herauszufinden, bei welcher Richtung sich der fortlaufend neu gemessene Istwert dem Sollwert annähert, bevor die Rechen- und Steuereinheit dann die endgültige Einstellung des einstellbaren Zahnades (10) zur Angleichung des Istwertes an den Sollwert bewirkt.

3806830

Nummer:
Int. Cl. 4:
Anmeldetag:
Offenlegungstag:

38 06 830
F 16 H 57/00
3. März 1988
14. September 1989

FIG. 1

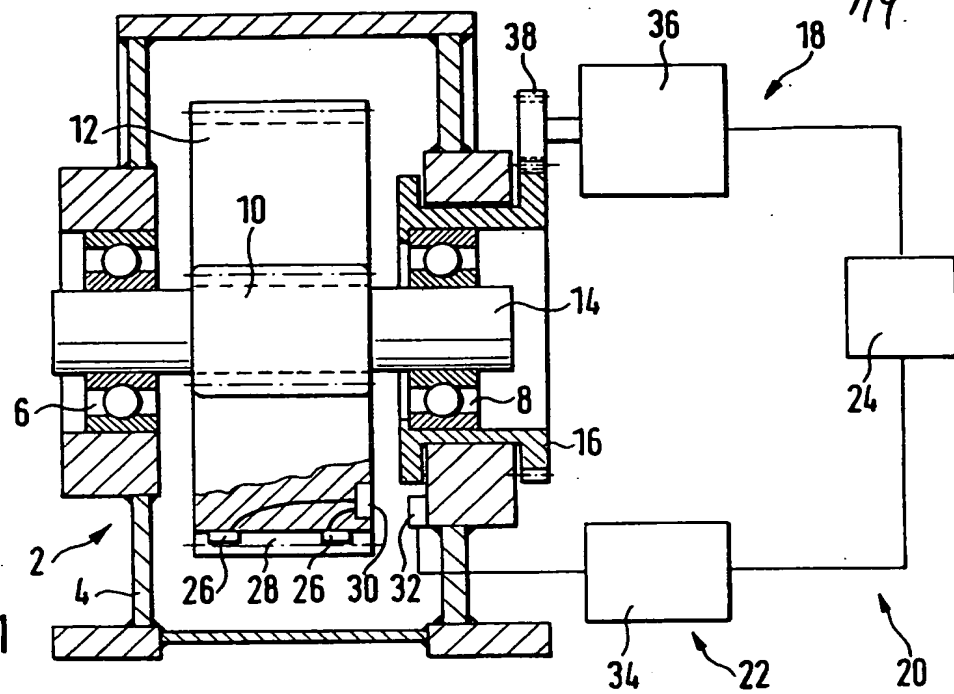
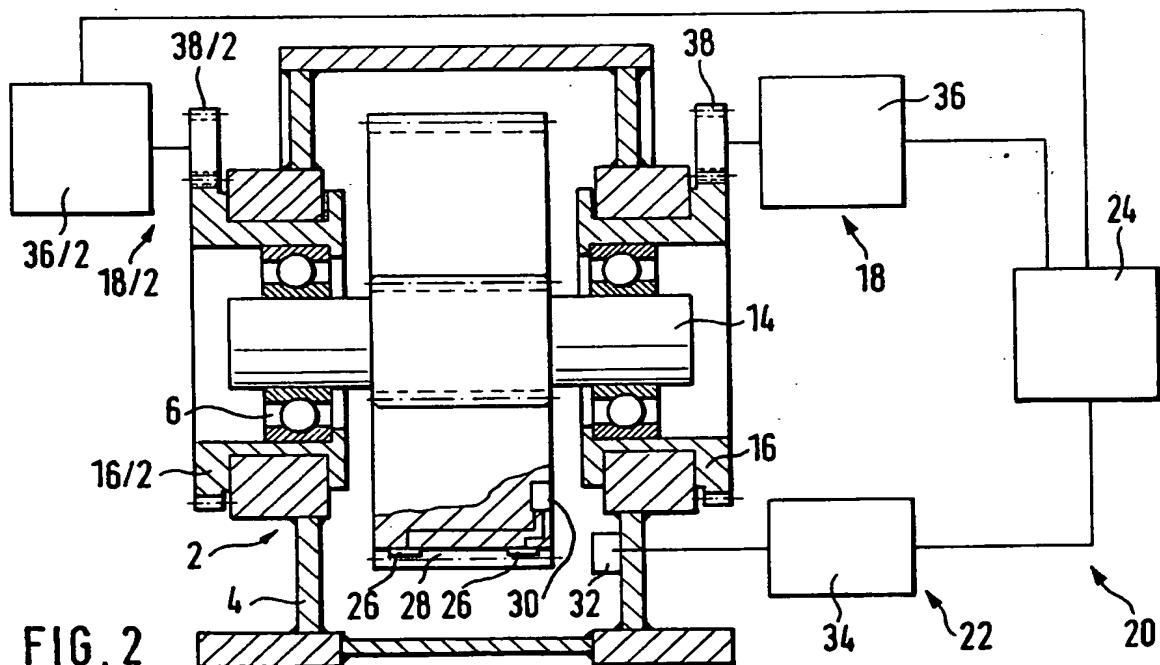


FIG. 2



05.05.88

NACHGEREICHT

